

УДК: 911.52

*Литовский В.В.*

Институт экономики УрО РАН, г. Екатеринбург

**ГРАВИОГЕОГРАФИЯ РЕК ЗАПАДНОГО СКЛОНА УРАЛА.  
ЧАСТЬ IV. РЕКИ БАСЕЙНА БЕЛОЙ И УРАЛА**

**Ключевые слова:** *гравииогеография, реки, Урал, Западный склон, бассейны Белой и Урала.*

В статье представлена гравииогеография рек Урала как маркеров эволюции ландшафта. Рассмотрена гравииогеография рек Западного склона Урала и сопредельных территорий на примере рек бассейна Белой и Урала, проанализированы их особенности. Развивается гипотеза о реках как гравитационных насосах, действие которых сопряжено фундаментальным явлением изостатического выравнивания дневных поверхностей земной коры и стадиями эволюционирования водотока. Установлено, что реки являются пространственно-динамическими каналами сброса и депонирования гравитационного сноса, а устья большей части рек западного склона тяготеют к зонам сглаживания гравииоаномалий и являются маркерами геохимических полей, развития на территориях геохимических процессов и ландшафтогенеза. С гравиметрических позиций реки рассматриваются как отрицательные формы ландшафтогенеза и тела, обеспечивающие комплексные функции по изостатическому выравниванию территории: от переноса механического стока до его пространственного сепарирования по весовому и геохимическому критериям. Для анализа таких процессов изостатического выравнивания сформулированы соответствующие законы.

V.V. Litovskiy

**GRAVITATIONAL GEOGRAPHY OF RIVERS. THE WESTERN SLOPE OF  
THE URAL MOUNTAINS.  
PART IV. The basin of Belaya and Ural rivers**

**Key words:** *gravitational geography, rivers, Ural, The western slope of the Ural mountains, the Belaya River basin, the Ural River basin.*

Gravitational geography of rivers in the Ural region as markers of the landscape evolution is presented in the article. Particularly, it considers a question about gravitational geography of rivers of the western slope of the Ural mountains and adjacent areas using an example of the basin of Belaya and Ural rivers. Rivers specifications are analyzed according to this methodology. The hypothesis about rivers as gravity pumps, whose actions connected with a fundamental phenomenon of isostatic align daily surfaces of the Earth's crust and phases of the evolution of the watercourse, is developed. It is ascertained that the rivers are special-dynamical channels of the dumping and deposing of gravitational drift and rivers mouths of the bigger part of the western slope tend to positive gravitational anomalies zones and become a markers of geochemical field, geochemical processes and the genesis of the landscape development on the territories. Gravimetrically-based, rivers are considered as negative forms of the landscape genesis and primary phase of geo-chemical territorial alignment.

Статья является продолжением серии публикаций «Гравииогеография рек западного склона Урала. Часть I, II и III», где приведены теоретико-методологические основы подхода и рассмотрена графииогеография рек Печорского и Камского бассейнов, рассматривается гравииогеография уральских рек бассейна рек Белой и отчасти Урала.

Наряду с этим предпринята попытка представить и обобщить материалы по гравииографии основных рек, относящихся к западному сектору бассейна Урала и в этом аспекте выявить их сходные и несходные черты, а в целом – осмыслить роль гравииофактора в управлении переносом и трансформацией вещества в природе.

Для выяснения специфики той или иной реки, ответственной за перенос вещества, в качестве базовой использовалась информация из «Схем комплексного использования и охраны водных объектов (СКИОВО)» и электронного ресурса «Вода России», а из дополнительной – монографии (Ресурсы..., 1972; Быков, 1963; Клименко, 2012; Пространственно-временные колебания..., 1988; Дедков, Мозжерин, 1984; Русловой режим рек, 1994; Русловые процессы..., 2005; Назаров, Егоркина, 2004; Назаров, Рысин, Петухова, 2010; Назаров, Чаловы, 2006; Чалов, 2007, 2011), данные государственного водного реестра и ресурсы Википедии.

### Теоретико-методологическая база исследования

Теоретико-методологическая база исследования была ранее изложена в статье (Литовский, 2011) и монографии (Литовский, 2016). При обращении к историко-научным аспектам проблемы в основном использовался обобщающий труд «Очерки истории гидрологических исследований на Урале» (Клименко, 2012) и «Естественно-историческое описание исследований окружающей среды на Урале» (Литовский, 2001). Для ГИС-анализа гравииографии и совокупного пространственного распределения хозяйственной инфраструктуры и природных ресурсов в качестве основы использовалась Интерактивная электронная карта недропользования Российской Федерации (Open Map Mineral, 2017) и возможности программного ГИС-пакета Global Mapper.

### Результаты и обсуждение

Южнее рек Сылвы и Чусовой к Камскому бассейну относится и подбассейн реки Белой, а точнее, - связанный с уральским стоком ее Западноуральский гидрогеологический бассейн, где существенный вклад (помимо стока верховий самой Белой) вносит сток реки Уфы с ее ключевыми притоками – реками Ай и Юрюзань.

В этой связи рассмотрим последовательно эти реки не только с общегеографических, но и с гравииогеографических позиций.

#### *А) Реки бассейна реки Белой.*

В совокупности с реками западного сектора бассейна реки Урал гидрологические характеристики рек Камского бассейна, связанные с Уральскими горами, представлены в табл. 1.

Река Ай. Левый приток Уфы – река Ай – берет свое начало из болота Клюквенное (860 м над ур. моря), находящегося на стыке хребтов Уреньга и Аваляк Южного Урала, а впадает в Уфу на отметке 160 метров, что при длине водотока 550 м создает значительный уклон -1,4 м/км и сток 2,65 км<sup>3</sup>/год. По физико-географическим условиям бассейн реки делится на горную часть, лежащую в пределах складчатых гор и предгорий Южного Урала (от истока до села Лаклы Салаватского района), и равнинную часть (до устья), которая расположена на Юрюзано-Айской равнине и Уфимском плато.

С гравииогеографических позиций исток реки Ай, равно как и исток самой Белой, а также рек западного склона (Юрюзани, Большой Сатки) и восточного склона (Урала,

Миасса и Уя), связан с гравиополусом +15 мГл, расположенным в районе хребта Нургуш. Соответствующая карта реки с профилями ее рельефа и аномального гравитационного поля представлены на рис.1.

Таблица 1  
Реки бассейна Белой, связанные с Западным склоном Урала,  
а также бассейна р. Урал и Каспийского моря

Наименование водотока	Куда впадает и с какого берега	Высота истока, м	Высота устья, м	Расстояние от устья, км	Длина водотока, км	Площадь водосбора, км <sup>2</sup>	Расход м <sup>3</sup> /с	Сток, км <sup>3</sup> /год
Основные реки бассейна р. Камы, связанные с Уралом водотоком через реку Белая (с севера на юг)								
Уфа	Белая (пр)	472	79-83	487	918	53100	320	10,1
Ай	Уфа (лв)	864	162	382	549	15000	84	2,65
Юрюзань	Уфа (лв)	964	134	616	404	7240	56	1,77
Белая	Кама (лв)	744	65	177	1430	142000	840	26,511
Кама	Волга (лв)	335	36	1882	1805	507000	3390	107,0
Основные реки бассейна р. Урал и Каспийского моря с уральским стоком								
Сакмара	Урал (пр)	789	86	1286	798	30200	144	4,545
Илек	Урал (лв)	299	52-58	1085	623	41300	40	1,26
Урал	Каспийское море	668	-28	-	2428	231000	261	8,24
Эмба	Каспийское море	442	-28	-	712	40400	17,5 (152 км от устья)	-



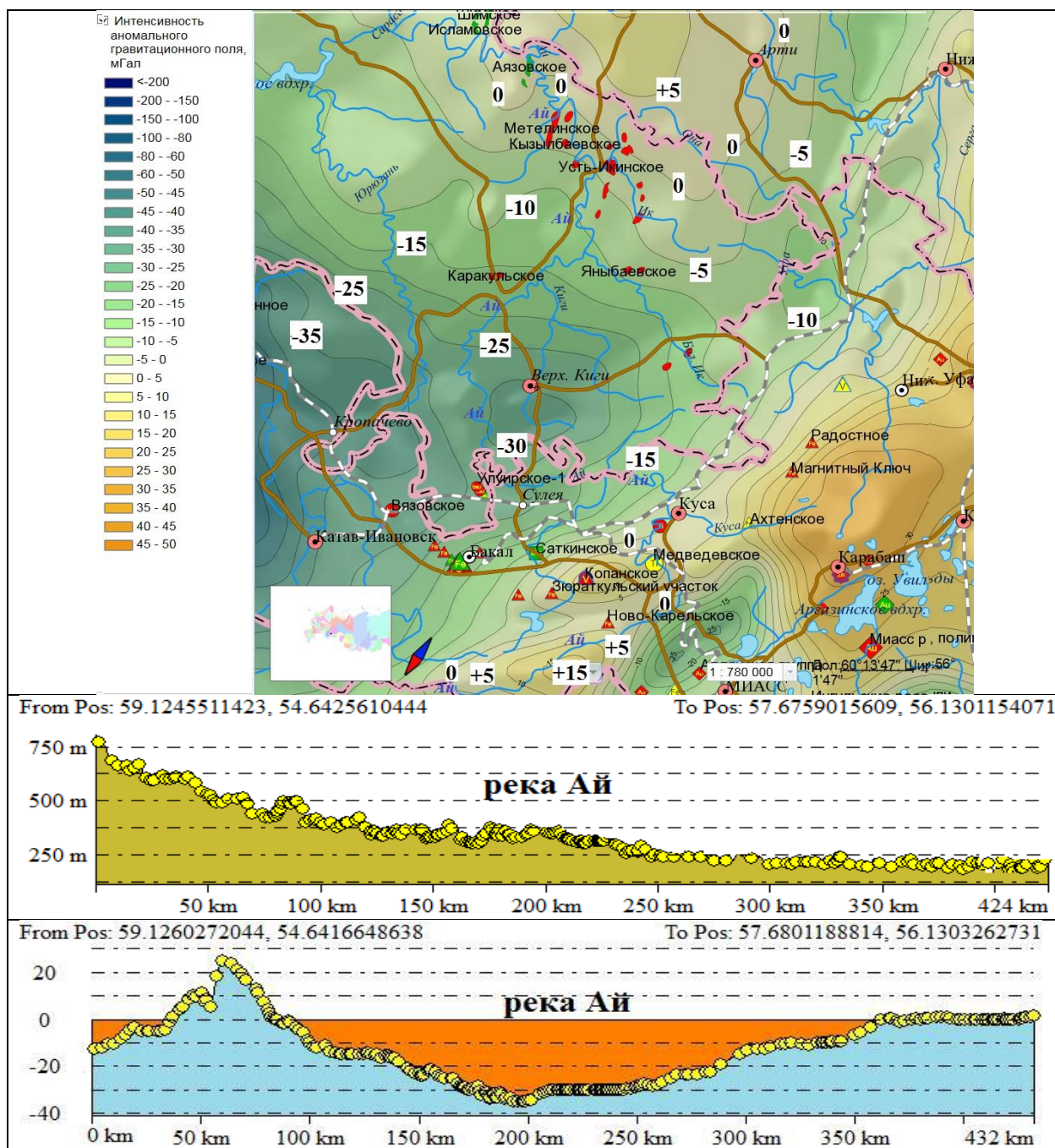


Рис.1. Карта с профилями рельефа (м) и гравипрофиля (мГл) реки Ай.

Как видно из рис. 1, непосредственно исток реки находится в зоне отрицательных значений аномального поля силы тяжести (в «гравииловушке»), обеспечивающей исходно подпитку стока за счет осадков. Далее ток реки определяется сначала градиентом между вышеуказанным положительным полюсом и отрицательным полюсом (-25 мГл к северо-западу от Миасса), а затем – направлением между дополнительным положительным полюсом в районе хребта Зюраткуль и отрицательным полюсом (-30 мГл) в районе населенного пункта Верхние Киги. В дальнейшем за счет притока в Ай стока рек Кига, Большой Ик и Ик в районе Усть-Икинского происходит изостатическое выравнивание веса дневной поверхности в нижней и приустьевой части части реки.

Река Юрюзань берет свое начало с еще более высокой отметки (964 м) на склонах горы Угловой Машак и далее течёт сначала на северо-восток по узкой горной долине между хребтами Машак и Кумардак по Юрюзанской долине, а затем, выйдя из горной теснины, - между хребтами Бакты и Зигальга. В среднем течении река выходит из гор на равнину и далее, прорезая толщу уфимского плато в нижнем течении, впадает в Уфу (залив Павловского водохранилища) на отметке 134 м. Среднегодовой сток Юрюзани ( $1,77 \text{ км}^3/\text{год}$ ) несколько меньше, чем Ая. С гравииогеографических позиций накопление воды в реке и последующий ее сток предопределяется обширной гравииодепрессией с достижением минимума последней в серединной части реки при перепаде значений аномального поля силы тяжести в соответствующих точках от  $-25$  ( $-30$ ) мГл до  $-40$  мГл в районе Усть-Катава (рис. 2).

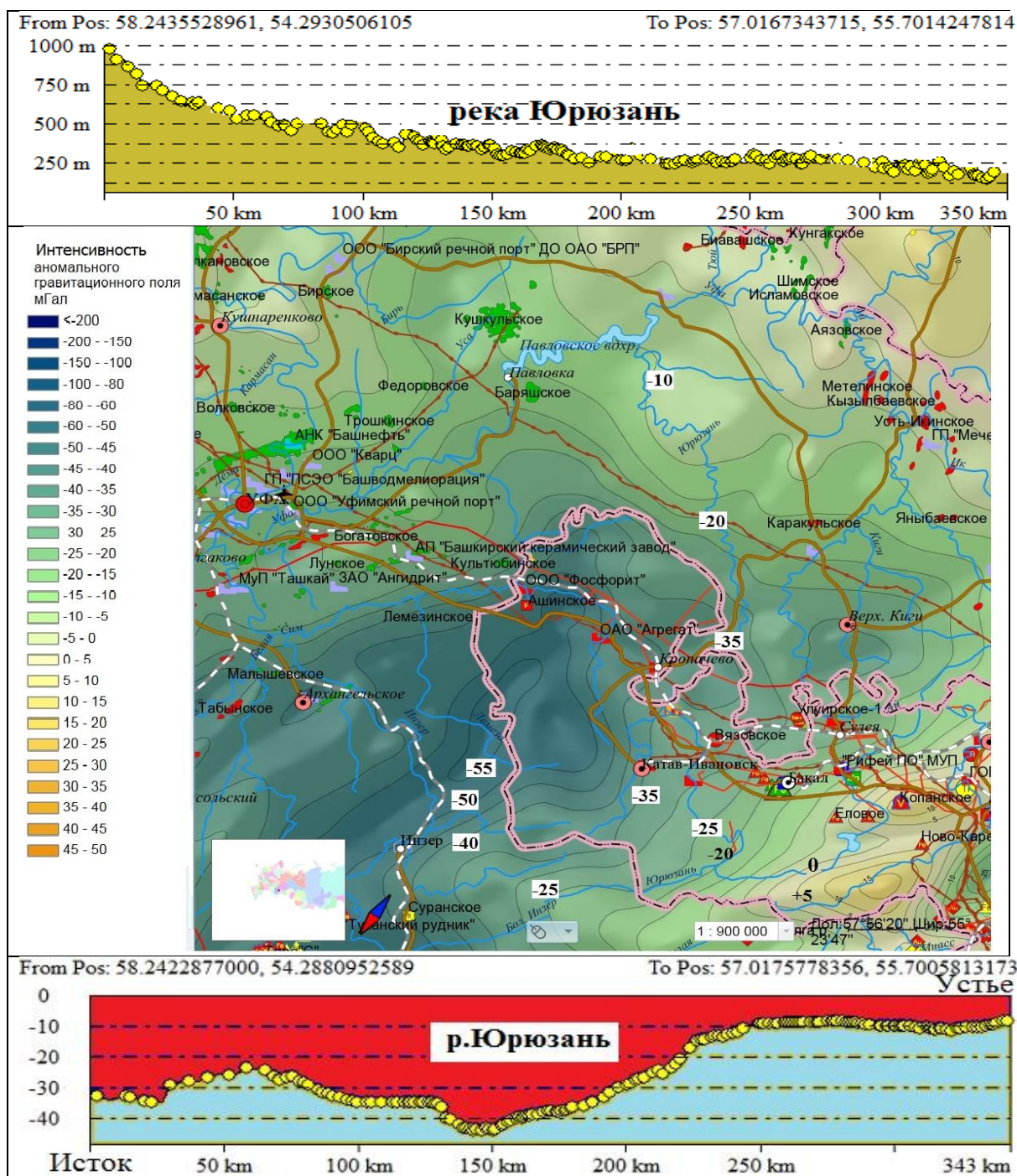


Рис. 2. Карта с профилями рельефа (м) и гравиио профиля (мГл) реки Юрюзань.



Далее снос реки в ее равнинной части отчасти компенсирует дефицит вещества, однако, не приводит к изостатическому выравниваю веса дневной поверхности в приустьевой части. Это указывает на то, что потенциал реки как положительного «гравитационного насоса» пока не исчерпан, а самим территориям, по которым она протекает, еще предстоит длительный процесс насыщения веществом до изостатического выравнивания.

**Река Уфа.** Иной характер имеет река Уфа – правый и наиболее крупный приток реки Белой. Она берет свое начало в озере Уфимское (район Карабаша, Челябинская область) на отметке 472 м, а впадает в Белую в районе Уфы на отметке 162 м. В верховьях это горная и полугорная река, которая течет в узкой долине, ограниченной невысокими горами и скалами, а ниже впадения Ая становится более полноводной и течет в менее изменчивом (полугорном) рельефе. Ниже села Караиндель, где начинается подпор Павловского водохранилища и впадает река Юрюзань, Уфа становится глубокой и полноводной рекой, хотя и с довольно быстрым течением.

В гравииогеографическом отношении от истока до границы со Свердловской областью ток реки, вероятно, обусловлен градиентом между положительным полюсом аномального поля силы тяжести со значением +30 мГл в районе Карабаша и отрицательным полюсом (-10 мГл) в районе Нязепетровска, где в Уфу впадают два левых (Сураям и Ураим) и два правых (Куказар и Нязя) притока. Соответствующая карта реки с профилями ее рельефа и аномального гравитационного поля представлена на рис. 3.

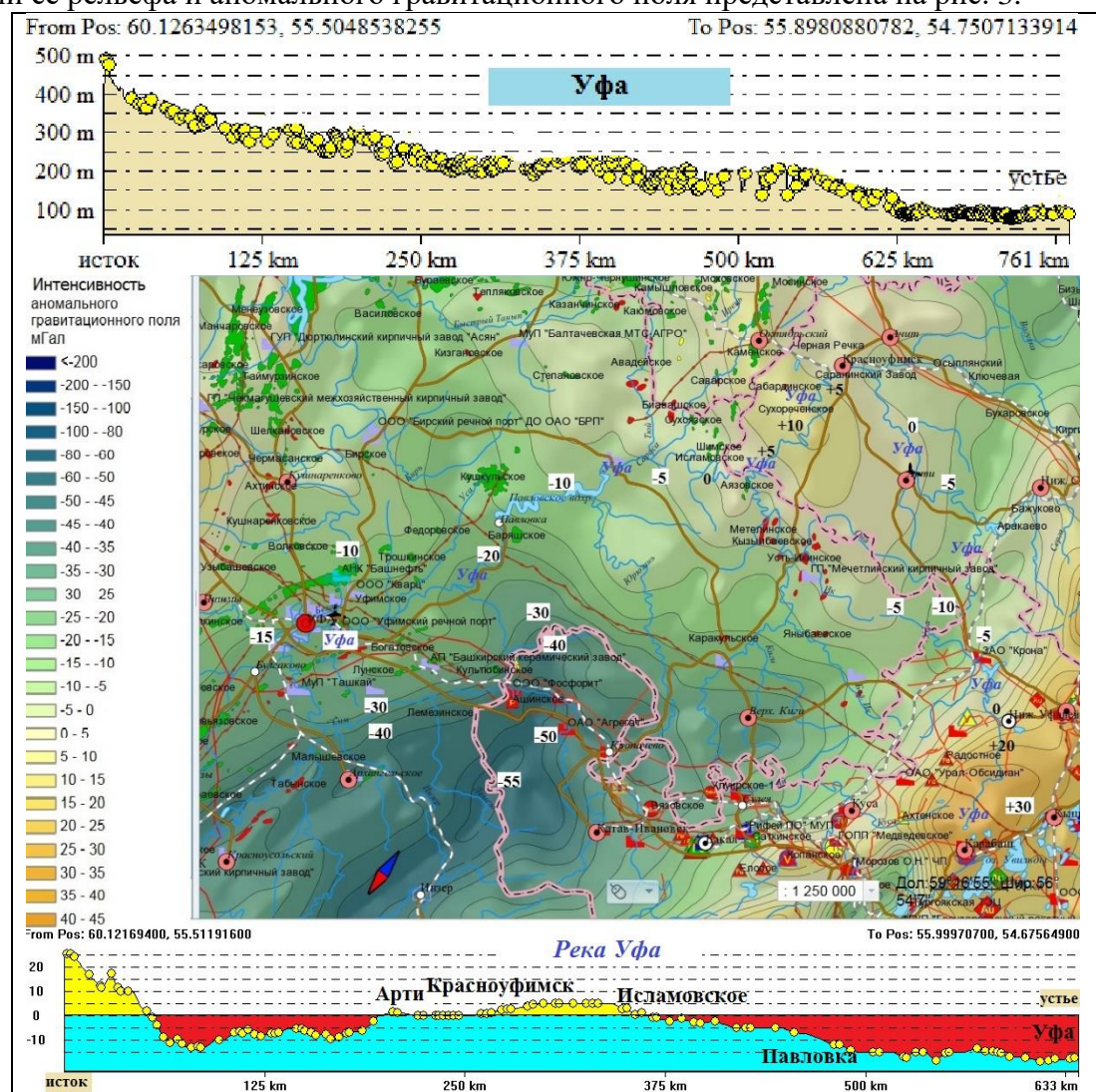


Рис. 3. Карта с профилями рельефа (м) и гравиио профиля (мГл) реки Уфы.

С учетом впадения реки Серги на 269-м км от истока, это приводит не только к изостатическому выравниванию припойменных территорий, но и к небольшому переизбытку сноса, что отражает на карте относительно небольшая положительная аномалия, простирающаяся от Арти до Красноуфимска и достигающая максимума после впадения в его районе реки Бисерть на интервале между Красноуфимском и устьем реки Ай. Оттуда же вектор сноса задается обширной гравидепрессией, достигающей наибольших значений (-15 мГл) в устье Уфы.

Река Белая. Направление тока реки Белой обусловлено осью между гравиполлюсом +15 мГл в районе хребта Нургуш и отрицательным полюсом в районе Старосубхангулово (-50 мГл) в сочетании с промежуточным отрицательным полюсом в районе Белорецка. Соответствующая карта реки с профилями ее рельефа и аномального гравитационного поля представлена на рис. 4.

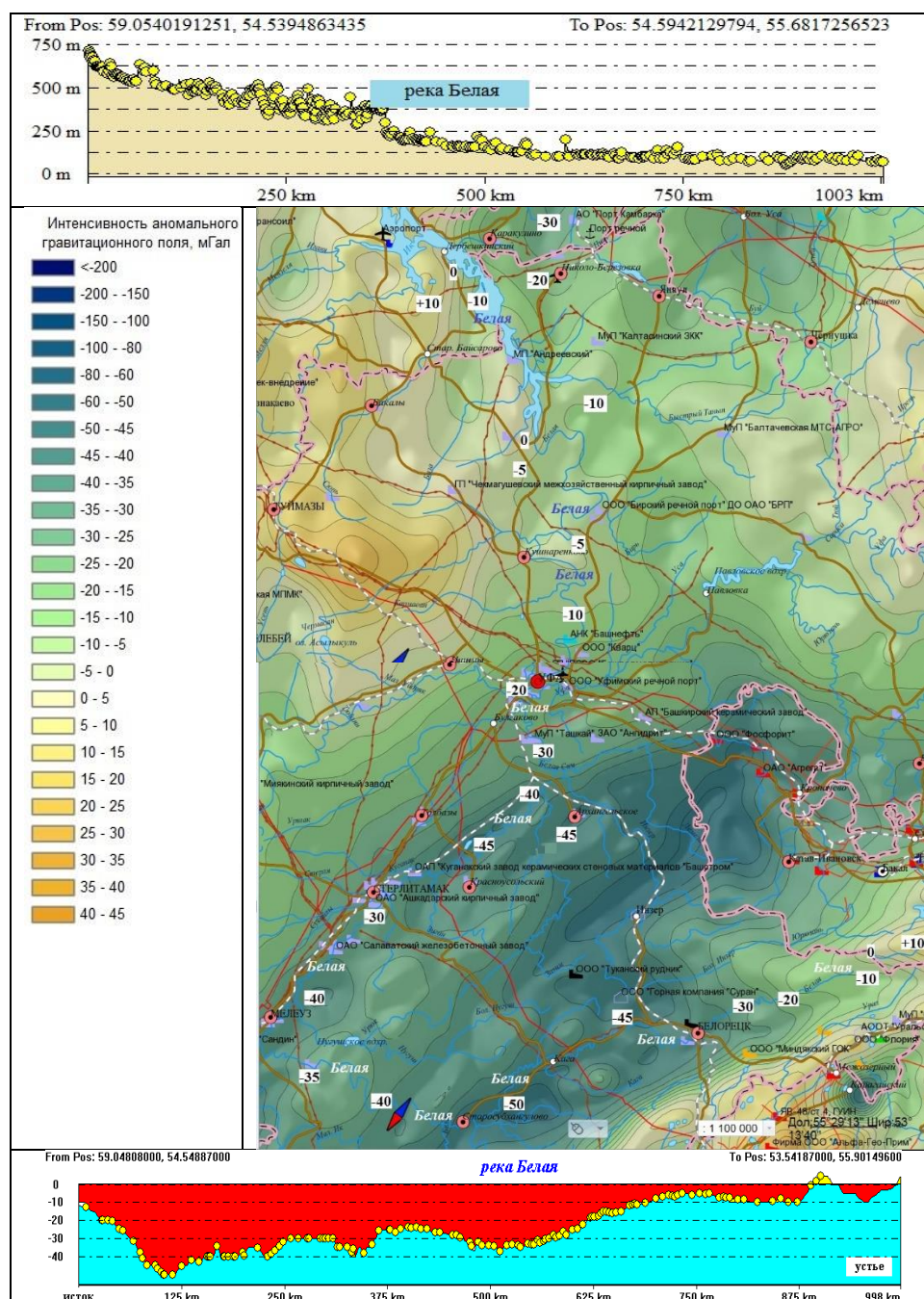


Рис. 4. Карта с профилями рельефа (м) и гравипрофиля (мГл) реки Белой.



Как видно из карты (рис. 4), в Белую впадают реки Кага, Южный Узян и Кана, что из-за накопления сноса и барьерных свойств локального рельефа несколько снижает величину отрицательной аномалии. Далее генеральное направление стока в сочетании с рельефом задается гравиодепрессией с минимумами в районе Мелеуза ( $-40$  мГл), Стерлитамака и села Табынского ( $-45$  мГл), несколько выше которого и Прибельского в Белую сразу впадают несколько значимых притоков: Зилим, Инзер и Сим. Сама вышеуказанная гравиодепрессия, вероятно, вызвана факторами более высокой иерархии, чем речные наносы, например, расхождением литосферных плит или складчатостью так называемого Предуральского краевого прогиба. Еще ниже по течению реки снос, обусловленный впадением рек Демы и Уфы (в районе города Уфы) и других притоков ближе к устью реки фактически приводит территории низовий Белой к условию изостатического равновесия, на что указывает вариация значений аномального поля от Дюртюли к Агидели в пределах от  $-5$  мГл до  $+5$  мГл.

В целом, нахождение реки Белая в области мощной гравиодепрессии указывает на ее длительную перспективу функционирования в качестве гравитационного сточного канала, а локальные положительные аномалии в приустьевой зоне могут указывать на геокибернетический функционал реки, связанный с изостатическим выравниванием территорий в вышеуказанной зоне.

#### *Б) Реки бассейна реки Урал и восточного Каспия*

Стоки рек Сакмары и Урала относятся к стокам интегрального типа, поскольку в своей верхней части они связаны с восточным склоном Уральских гор, а в нижней – с западным и южным склонами. Тем не менее, с учетом их наиболее полноводных составляющих, расположенных к западу от Уральских гор, эти реки, относящиеся к Каспийскому бассейну, вместе с реками Илек и Эмба рассмотрены в совокупности с реками западного склона Урала.

Река Сакмара. Беря свое начало на склонах хребта Уралтау на высоте примерно  $790$  м, река имеет преимущественно снеговое питание, что даже в самую жаркую пору не позволяет воде нагреваться выше  $23^{\circ}\text{C}$ . Верхняя часть реки расположена в горной долине. Она ориентирована в меридиональном направлении с севера на юг, а нижняя часть – в широтном направлении – с востока на запад. Изменение направления происходит после огибания Зилаирского плато. В Урал река впадает на отметке  $86$  м над ур. моря в районе города Оренбург. Карта Сакмары с профилями ее рельефа и аномального гравитационного поля представлена на рис. 5.

В гравиогеографическом отношении исток Сакмары связан с мощной гравиоловушкой (до  $-50$  мГл) и соответствующим отрицательным полюсом восточнее населенного пункта Старосубхангулово, что с учетом рельефа местности обеспечивает мощную концентрацию в горах водных запасов в виде льда и снега. Затем сток растет за счет талых вод в долину с обеих сторон, что, совместно с другими механизмами изостатического выравнивания, приводит к уменьшению аномалии до  $-20$  мГл и последующей ориентации стока в направлении устья реки Зилаир, где есть полюс со значением аномального поля силы тяжести в  $-35$  мГл. Далее направление стока задается направлением между этим полюсом и еще более отрицательными полюсами в  $-45$  мГл в районе населенного пункта Беляевка и устья реки Большой Ик. Последующее впадение в Сакмару притоков (Чебенька, Салмыш, Каргалка и др.) приводит к накоплению сточного материала и изостатическому выравниванию территорий в районе Оренбурга. В целом же для изостатического выравнивания на протяжении почти всей реки в перспективе необходимо значительное количество сточного материала, что на длительный срок обеспечивает ее деятельность как гравитационного насоса.



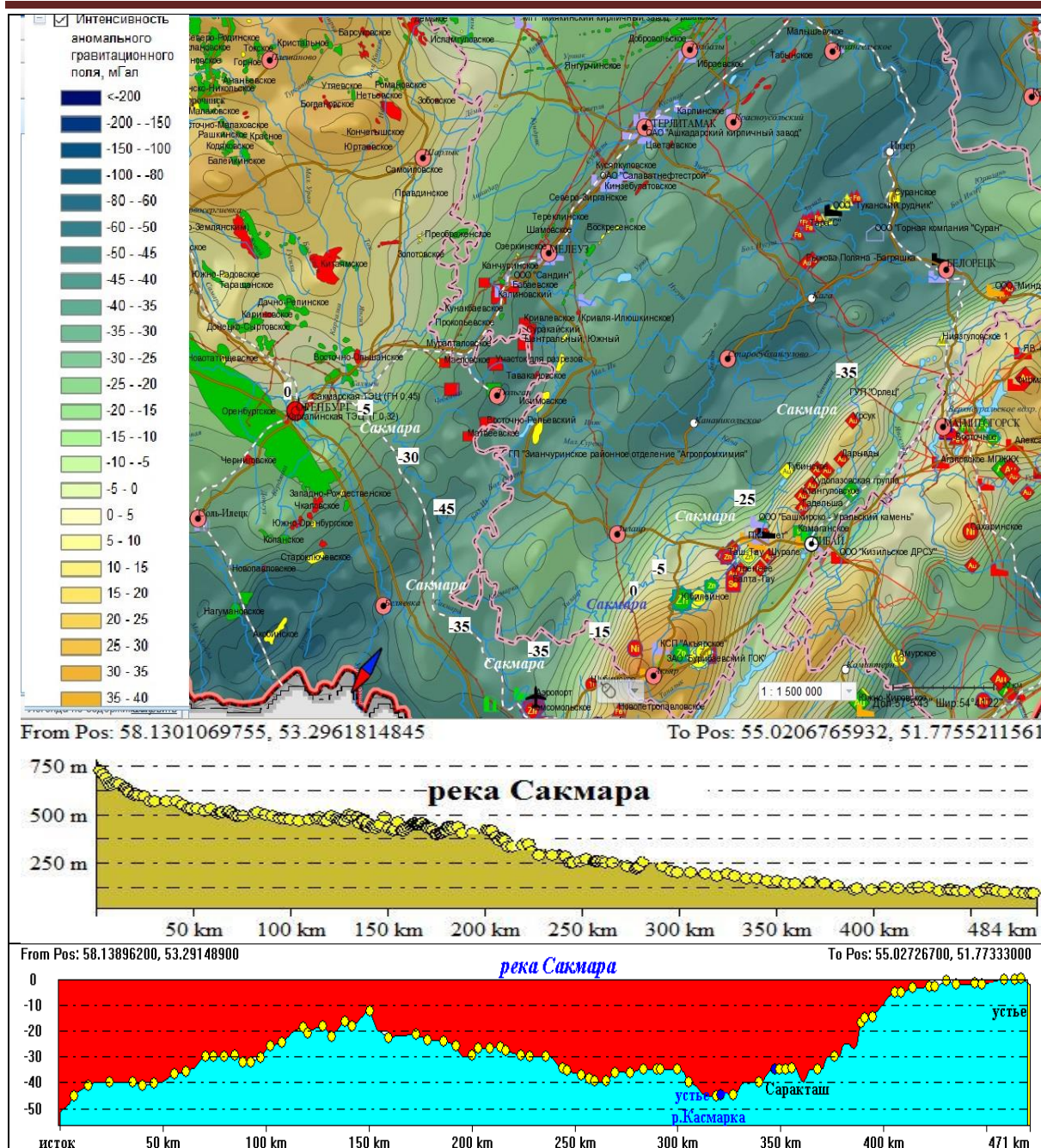


Рис. 5. Карта с профилями рельефа (м) и гравиио профиля (мГл) реки Сакмара.

Реки Илек и Эмба. Сказанное относится и к рекам Илек и Эмба, где к механизму водного стока для изостатического выравнивания территорий добавляется еще более эффективный механизм сноса в зоны избыточного дефицита вещества песка. Причем для последней песчаный механизм изостатического выравнивания веса дневной территории представляется еще более значимым.

Карта Илека с профилями его рельефа и аномального гравитационного поля, а также профили реки Эмбы, представлены на рис. 6.

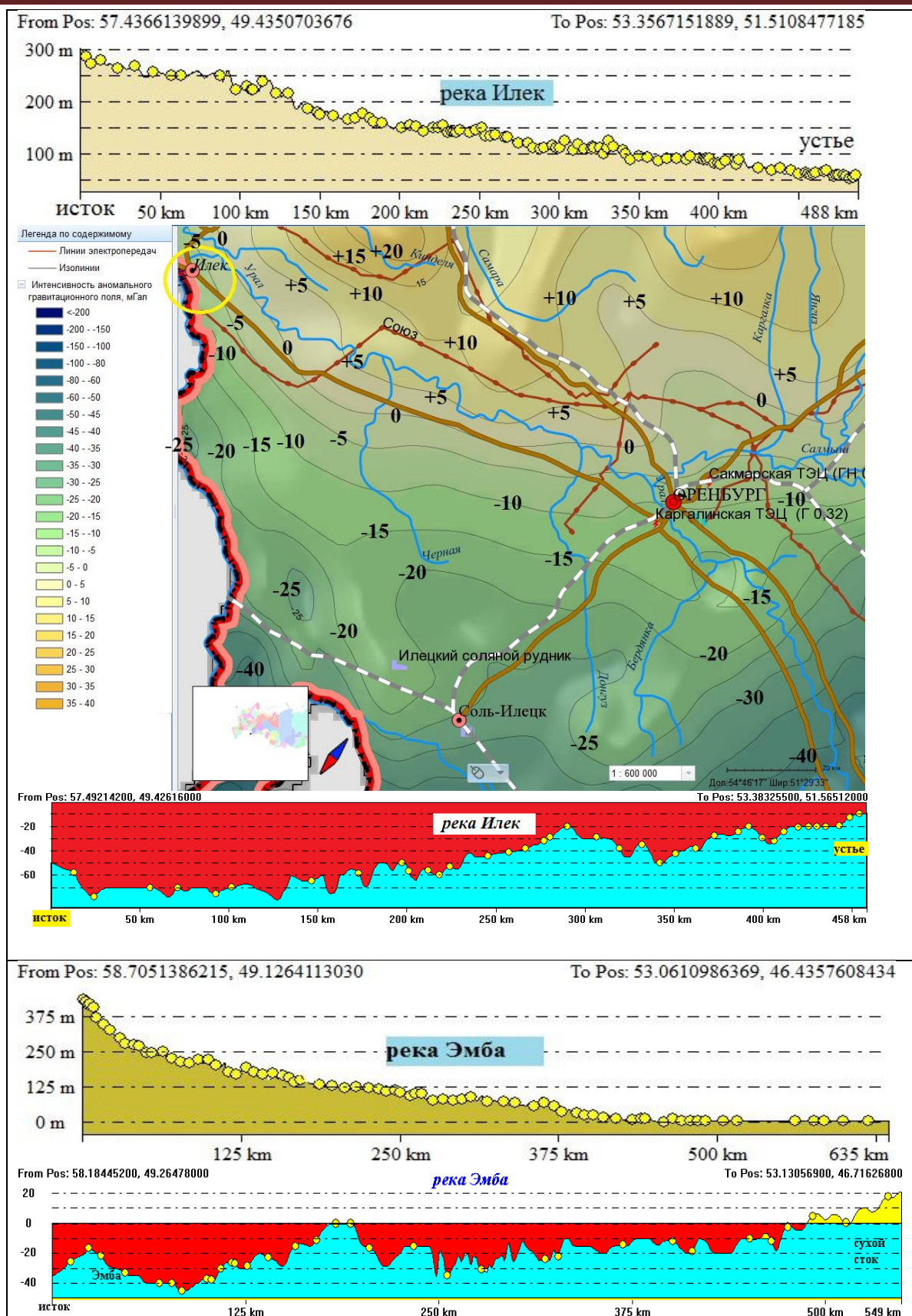


Рис. 6. Карта Илека с профилями его рельефа (м) и аномального гравитационного поля (мГл), а также соответствующие профили (м, мГл) реки Эмбы.



Река Урал в гравииогеографическом отношении как интегрирующий сток имеет более сложную знакопеременную картину аномального поля силы тяжести с наличием целого ряда зон стока и избыточного накопления вещества (рис. 7). При этом «пестрота» картины нарастает в нижней части реки при приближении к устью. Связано это также с более сложной работой комплексов и механизмов изостатического выравнивания: от усиления величины механического стока, до опустынивания и засоления припойменных и сопряженных территорий с образованием там песчаных и карстовых структур, например, «соляных горбов». Особенно отчетливо это проявляется при рассмотрении совокупного профиля реки Илек и нижележащей части Урала (см. нижний профиль на рис. 7).

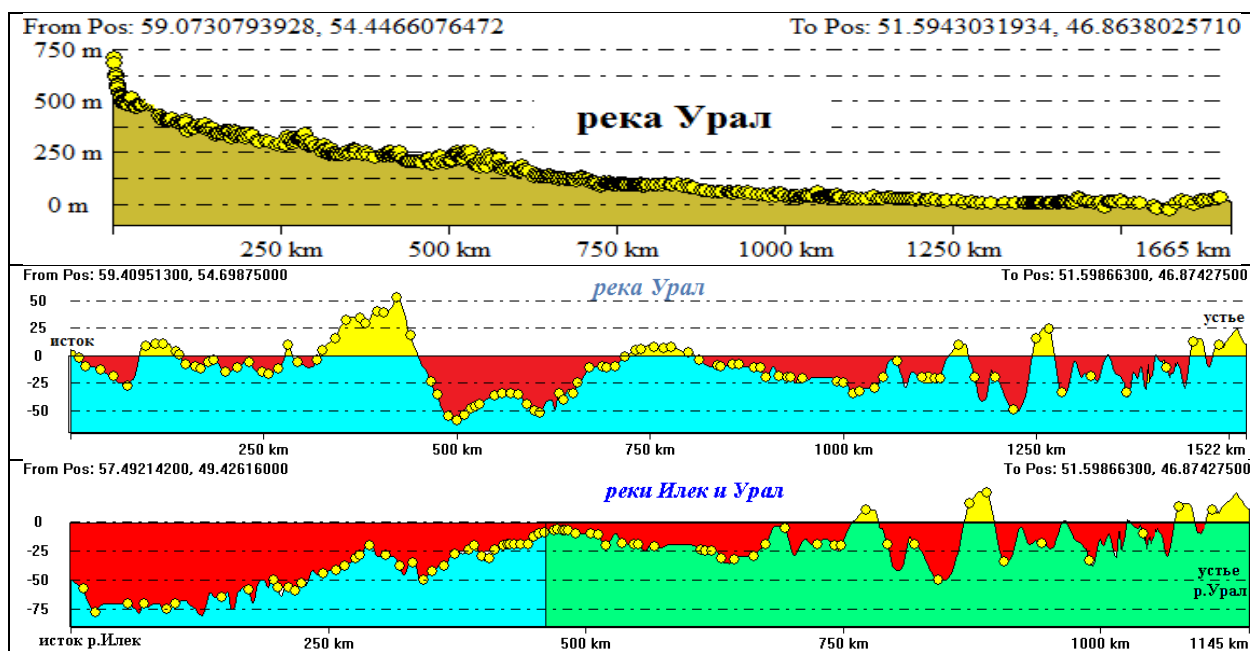


Рис. 7. Профиль рельефа Урала (м), а также профили его и составного с Илеком аномального гравитационного поля (мГл).

Из рис. 7 видно, что геокибернетически деятельность стока приводит к изостатическому выравниванию и сглаживанию положительных полюсов гравииополя (то есть к сносу вещества с территорий, где есть его избыток), и к последующему переносу вещества в зоны, где его не хватало, что в конечном итоге создает там «запирающий слой» (избыточные наносы вещества) и провоцирует трансгрессионные явления, особенно характерные для приустьевых зон.

Таким образом, в рамках предложенного подхода реки могут быть уподоблены участкам или линейным элементам электросетей с наличием разности начальных  $G_0$  и конечных  $G$  гравииопотенциалов,  $\Delta G = G - G_0$ , связанных как с общим перепадом высот истоков и устьев  $\Delta H$ , так и вариаций аномального гравииополя  $\Delta g$ , иначе говоря, полным дифференциалом изменения потенциальной энергии единицы массы:

$$\Delta G = (\Delta E / m) = g \times \Delta H + \Delta g \times H \quad (1)$$

Соответственно, если, с учетом изменяющегося знака  $\Delta g$  принять составляющую  $\Delta g \times H$  в качестве аналога электродвижущей силы – как гравииодвижущую силу  $\pm \varepsilon$ , то формулу (1) можно привести к виду, сходному для формулы напряжения на участке цепи (реки):

$$\Delta G = g \times \Delta H \pm \varepsilon, \quad (2)$$

а в целом, для реки без притоков из  $i$ -звеньев с перепадом высот  $\Delta H_i = H_i - H_{i-1}$ :

$$\Delta G_{\Sigma} = \sum_{i=1}^N (g \times \Delta H_i) \pm \sum_{j=1}^M \varepsilon_j \quad (3)$$

Из формулы (3) видна корректирующая функция аномального поля в управлении процессом изостатического выравнивания территорий речным стоком и возрастание его роли при смещении вниз по реке к ее устью.

В целом, для рек с наличием притоков, внутренних источников (родников) и стоков (карстовых воронок и т.п.) требуется учет изменения массы или расхода переносимого вещества от створа к створу. В этом случае в формуле для потенциальной энергии необходимо учитывать и вариацию массы:

$$\Delta E = \Delta(m \times g \times H) = g \times H \times \Delta m + m \times H \times \Delta g + m \times g \times \Delta H. \quad (4)$$

С учетом этого и формулы (1) выражение (4) можно представить в виде:

$$\Delta E = g \times H \times \Delta m + m \times \Delta G. \quad (5)$$

Еще более явную связь гравипотенциала с процессами качественной и количественной трансформации стока дает формула для относительного изменения потенциальной энергии в потоке, которую можно связать с массовой концентрацией того или иного компонента ( $\Delta c_i$ ) в потоке:

$$\frac{\Delta E}{m \times g \times H} = \frac{\Delta m}{m} + \frac{\Delta g}{g} + \frac{\Delta H}{H} = (\Delta c_1 + \Delta c_2 + \dots + \Delta c_k) + \frac{\Delta g}{g} + \frac{\Delta H}{H}. \quad (6)$$

Формулу (6) можно также представить с выделением концентраций, или изменением массовых долей в потоке основного «рабочего тела» – воды,  $\Delta c_e$ , и ее включений: механического,  $\Delta c_m$ , химического,  $\Delta c_x$  и биологического компонентов  $\Delta c_b$ :

$$\frac{\Delta E}{m \times g \times H} = (\Delta c_e + \Delta c_m + \Delta c_x + \Delta c_b) + \frac{\Delta g}{g} + \frac{\Delta H}{H}. \quad (7)$$

Это позволяет с учетом уменьшения или увеличения той или иной концентрации на том или ином участке реки в зависимости от величин  $H$ ,  $\Delta H$  и  $\Delta g$  судить о характере седиментационных явлений в потоке и влиянии на них знака аномального поля.

Таким образом, приведенные результаты исследования по гравиигеографии рек западного склона Урала создают не только платформу для расширения представлений о географии рек в целом в описательном плане, но и базу для выявления более глубоких и фундаментальных особенностей и закономерностей, определяющих их сток.

*Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (16-06-00324)*

### Список использованной литературы

- Быков В.Д. Сток рек Урала. М.: МГУ, 1963. 143 с.  
Вода России. [Электронный ресурс]. URL: [http://water-rf.ru/Водные\\_объекты](http://water-rf.ru/Водные_объекты).



Дедков А.П., Мозжерин В.И. Эрозия и сток наносов на Земле. Казань: Изд-во Казан. ун-та, 1984. 264 с.

Клименко Д.Е. Очерки истории гидрологических исследований на Урале. Пермь: Перм. гос. нац. исслед. ун-т., 2012. 167 с.

Литовский В.В. Естественно-историческое описание исследований окружающей среды на Урале. Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2001. 476 с.

Литовский В.В. Теория потока и некоторые ее приложения к экономической теории и проблемам размещения производительных сил // Журнал экономической теории. 2011. № 2. С. 94-103.

Литовский В.В. Гравиогеография, проблемы инфраструктуры и размещения производительных сил. Гл. 3. Теоретико-географические основы формирования доминантного урало-арктического пространства и его инфраструктуры (для задач формирования многофункционального базисного опорного внутреннего и континентального моста России по оси «Север-Юг»). М.: ГЕОС, 2016. С.143–225.

Назаров Н.Н., Егоркина С.С. Реки Пермского Прикамья: горизонтальные русловые деформации. Пермь: Изд-во «Звезда», 2004. 155 с.

Назаров Н.Н., Рысин И.И., Петухова Л.Н. О результатах исследования русловых процессов в бассейне Камы // Вестник Удмуртского ун-та. 2010. Вып.1. С. 83-96.

Назаров Н.Н., Чалов Р.С., Чалов С.Р. и др. Продольные профили, морфология и динамика русел рек горно-равнинных областей // Геогр. вестник. 2006. № 2. С. 37-47.

Пространственно-временные колебания стока рек СССР Л.: Гидрометеиздат, 1988. 376 с.

Ресурсы поверхностных вод СССР. Том 3. Северный край. Л.: Гидрометеиздат, 1972. 642 с.

Русловой режим рек Северной Евразии / Ред. Р.С. Чалов. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1994. 336 с.

Русловые процессы и русловые карьеры. М.: Изд-во Моск. ун-та, 2005. 109 с.

Схема комплексного использования и охраны водных объектов (СКИОВО) бассейнов рек Карского моря междуречья Печоры и Оби. Архангельск: ООО «ЭКОВОДПРОЕКТ». 2011. URL: [skiovo\\_bm\\_p\\_o.zip](http://www.dpbvu.ru/deyatelnost/skiovo-vklyuchaya-ndv) (дата обращения 7.09.2017).  
<http://www.dpbvu.ru/deyatelnost/skiovo-vklyuchaya-ndv>

Чалов Р.С. Русловедение: теория, география, практика. Т. 1: Русловые процессы: факторы, механизмы, формы проявления и условия формирования речных русел. М.: Изд-во ЛКИ, 2007. 608 с.

Чалов Р.С. Русловедение: теория, география, практика. Т. 2: Морфодинамика русел. М.: Изд-во КРАСАНД, 2011. 960 с.

Open Map Mineral. Интерактивная электронная карта недропользования Российской Федерации. URL: <https://openmap.mineral.ru/> (дата обращения 01.09.2017).

**Рецензент статьи:** ведущий научный сотрудник Института экономики УрО РАН, д.ф.н., профессор Б.С. Павлов.